

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA ENERGETIKY

VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE

SOLAR ENERGY UTILIZATION

Student:

Petr Zapletal

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

OSTRAVA 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21.5.2010



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2010



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Petr Zapletal

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sušilova 25

695 01, Hodonín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zapletal P.: Využití solární energie, Ostrava: Fakulta strojní, Katedra energetiky,
VŠB – TU Ostrava, 2010, 43 s.

Bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody v rodinném domě celoročně obývaném čtyřmi osobami. Začátek bakalářské práce teoreticky popisuje sluneční energii, její potenciál a využití v ČR. Ve třetí kapitole se věnujeme popisu jednotlivých solárních kolektorů a jejich částí. Čtvrtá kapitola je zaměřena na koncepci solárních termických soustav a jejich správný způsob využití. V páté části je vypracováno dimenzování plochy a navrhnout vhodný kolektor pro konkrétní příklad spolu s celoroční energetickou bilancí. V poslední kapitole je zpracováno vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.

ANNOTATION OF THESIS

Zapletal P.: Solar Energy Utilization, Ostrava: Faculty of Mechanical Engineering,
Department of Power Engineering, VŠB – TU Ostrava, 2010, 43 p., Thesis,
head: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the concept of the solar system designed for the utility water heating for the family house, where four people live in during the whole year. The energy from the Sun, its potential and utilisation in the Czech Republic is theoretically described in the first part. The third chapter presents solar collectors and their parts. The conception of solar thermic systems and the correct way of their usage is discussed in the fourth portion. The area dimensioning, layout of the proper collector and the concrete example of yearly energetic balance is worked out in the fifth chapter. The last segment dissertates on the economic and environmental aspect of the concept evaluation.

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Seznam použitého značení | 7 |
| Seznam použitých zkratk | 10 |
| 1 Úvod | 11 |
| 2 Sluneční energie | 12 |
| 2.1 Technické využití slunečního záření | 12 |
| 2.2 Sluneční záření v ČR | 13 |
| 3 Sluneční kolektory | 14 |
| 3.1 Ploché kolektor | 15 |
| 3.1.1 Absorbéry plochých kolektorů | 15 |
| 3.1.2 Izolace, kryty a skříň kolektoru | 16 |
| 3.2 Vakuové trubicové kolektory | 17 |
| 3.2.1 Kryty a skříň kolektoru | 18 |
| 4 Způsoby využití solárních soustav pro ohřev vody | 19 |
| 4.1 Solární soustavy pro ohřev bazénů | 19 |
| 4.2 Solární soustavy pro ohřev TUV | 20 |
| 4.2.1 Samotížné systémy | 20 |
| 4.2.2 Systémy s nuceným oběhem | 21 |
| 4.2.3 Solární soustavy pro ohřev pitné vody a vytápění | 21 |
| 5 Dimenzování solárního systému pro ohřev TUV | 22 |
| 5.1 Stanovení energie a tepla pro ohřev TUV | 22 |
| 5.1.1 Výpočet potřeb tepla pro 4 osoby na přípravu TUV | 23 |
| 5.1.2 Dimenzování plochy kolektorů a určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce | 25 |
| 5.1.3 Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce | 30 |
| 6 Dohřívání a volba zásobníku | 32 |
| 6.1 Způsob provozování solárního zařízení | 34 |
| 7 Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska | 36 |
| 7.1 Ekonomické zhodnocení | 36 |
| 7.2 Environmentální zhodnocení | 38 |

| | |
|-----------------------|-----------|
| 8 Závěr: | 39 |
| Literatura | 41 |
| Seznam příloh | 43 |
| Seznam výkresů | 43 |

Seznam použitého značení

| Symbol veličiny | Jednotka | Veličina |
|--------------------------|--------------------------------------|---|
| m_V | $[m^3]$ | množství vody |
| m_R | $[m^3]$ | spotřeba vody za rok |
| n_o | $[-]$ | počet osob |
| n_R | $[-]$ | počet dní v roce |
| $Q_{spotř}$ | $[kWh]$ | spotřeba tepla pro ohřev TUV |
| m_{V55} | $[m^3 \cdot den^{-1} \cdot os^{-1}]$ | denní spotřeba užitkové vody při teplotě 55 °C |
| t_1 | $[°C]$ | vstupní teplota do kolektorů |
| t_2 | $[°C]$ | výstupní teplota z kolektorů |
| $t_{stř}$ | $[°C]$ | střední teplota kolektoru |
| t_v | $[°C]$ | teplota okolního prostředí |
| c_{H_2O} | $[J/kg \cdot K]$ | měrná tepelná kapacita vody |
| ρ_{O_2H} | $[kg/m^3]$ | hustota vody |
| η | $[-]$ | ztráty v rozvodech, zásobníku |
| $Q_{MĚS}$ | $[kWh]$ | skutečná spotřeba tepla na ohřev teplé užitkové vody za měsíc |
| Q_A | $[w \cdot h/m^2]$ | dopadající energie zachycená kolektorem za určitý čas |
| η_α | $[-]$ | účinnost kolektoru |
| Q_s | $[w \cdot h/m^2]$ | skutečná energie dopadající na kolektory |
| τ | $[-]$ | poměrná doba slunečního svitu |
| $\tau_{\tau_{UK\Sigma}}$ | $[h]$ | skutečná doba slunečního svitu |
| $\tau_{\rho_{OET}}$ | $[h]$ | teoretická doba slunečního svitu |
| Q_{SDteor} | $[kWh]$ | teoretická energie dopadající na kolektorovou plochu za den |
| Q_{SD} | $[kWh \cdot m^{-2}]$ | skutečné množství energie |

| | | |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| | | dopadající na kolektorovou plochu za den |
| $I_{stř}$ | [Wh] | střední intenzita slunečního záření |
| A | [m ² ·K/W] | redukována teplota |
| η_k | [-] | redukována teplota |
| η_o | [-] | účinnost kolektoru |
| a_1 | [W/m ² ·K] | regresní součinitel |
| a_2 | [W/m ² · K ²] | regresní součinitel |
| Q_{AD} | [kWh·m ⁻²] | energie zachycená 1 m ² kolektorový za den |
| S_A | [m ²] | plocha kolektorového pole |
| Q_{DEN} | [kWh] | skutečná denní spotřeba tepla pro ohřev TUV |
| Q_{AM} | [kWh] | energie zachycená celým kolektorovým polem za měsíc |
| $Q_{A\text{den}}$ | [kWh/m ²] | energie zachycená 1 m ² kolektorové plochy za den |
| S_{inst} | [m ²] | instalovaná plocha kolektorového pole |
| n_m | [-] | počet dní v měsíci |
| Q_{DDM} | [kWh] | nedostatek energie |
| $Q_{PŘ}$ | [kWh] | přebytek energie |
| Q_{UZK} | [kWh] | množství energie bez přebytků |
| Q_{ZKR} | [kWh] | tepelný zisk z kolektorové plochy za rok |
| Q_{UZKR} | [kWh] | užitečný tepelný zisk z kolektorové plochy za rok |
| Q_{DDR} | [kWh] | energie potřebná na dohřev TUV za rok |
| Q_{SPR} | [kWh] | skutečná roční spotřeba tepla pro ohřev TUV |
| O | [ℓ] | objem |

| | | |
|-------|---------------------|------------------------------|
| T_n | $[\text{rok}^{-1}]$ | doba návratnosti investice |
| N_c | $[\text{Kč}]$ | investiční náklady |
| Z_r | $[\text{Kč}]$ | hodnota úspor energie za rok |

Seznam použitých zkratk

TUV

teplá užitková voda

ČR

Česká Republika

1 Úvod

Bez energie nemůže existovat živá ani neživá příroda. Energie je základní přírodní produkt. Náš hmotný svět vznikl z energie. Zatímco rostliny a živočichové přejímají svou spotřebu energie ze slunce, člověk k zajištění svých základních životních potřeb neustále využívá nastrádané formy energie, což někdy vede k plýtvání energií. V tomto případě se jedná o energii, která na zemi dopadala v podobě slunečního záření po miliony let a která se uložila ve formě fosilních paliv – ropy, uhlí, zemního plynu. Tyto zdroje ovšem nejsou nevyčerpatelné a nebudou k dispozici navěky. Další negativní aspekt používání fosilních paliv nám ukazuje sama příroda v podobě problémů s životním prostředím.

Využití energie ze slunečního záření (energie, která na naši zem stejně neustále dopadá) se jeví jako řešení jak energetických tak ekologických problémů. Vždyť energie slunečního záření na naší zemi je tou nejuniverzálnější, díky které jsou realizovány nejrůznější fyzikální procesy, jako je například fotosyntéza. Nejběžnější princip využití slunečního záření je jeho přeměna v energii tepelnou, kterou se zabývá i má práce, ve které se věnuji návrhu solárního systému pro ohřev TUV v rodinném domku, který je celoročně obýván 4 osobami.

Začátek bakalářské práce teoreticky popisuje sluneční energii, její potenciál a využití v ČR. Ve třetí kapitole se věnujeme popisu jednotlivých solárních kolektorů a jejich částí. Čtvrtá kapitola je zaměřena na koncepci solárních termických soustav a jejich správný způsob využití. V páté části je vypracováno dimenzování plochy a navrhnout vhodný kolektor pro konkrétní příklad spolu s celoroční energetickou bilancí. V další části je popsán způsob provozování solárního systému. V poslední kapitole je zpracováno vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska. Závěr pak shrnuje celkové zhodnocení návrhu.

2 Sluneční energie

Slunce je pro naši planetu veškerým zdrojem energie. Zaujímá tvar koule o průměru $139,2 \cdot 10^4$ km. Jeho složení je především z atomárního vodíku s malou příměsí helia. Hmotnost slunce je $1,983 \cdot 10^{30}$ kg. Teplota na povrchu slunce dosahuje asi 6000 K. Intenzita záření na povrchu slunce je $6 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Když toto záření překoná vzdálenost 150 milionů kilometrů, dorazí k planetě Zemi. Po průchodu atmosférou nabývá intenzita slunečního záření hodnoty $1360 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tuto hodnotu nazýváme sluneční konstantou.

2.1 Technické využití slunečního záření

Sluneční energie dopadá na Zemi ve formě záření (fotonů). Část energie se odráží zpět do kosmu (34%) aniž by jakkoliv ovlivňovala děje na naší planetě. Větší část ale je Zemí zachycena. Tato energie je prochází na Zemi různými změnami po jejichž proběhnutí je ve formě infračerveného záření vrácena zpět do kosmu. Lidé se snaží stále větší část dopadající energie přeměnit ve svůj prospěch. Jedním ze způsobů jak zpracovávat tuto energii je zachycovat ji ve formě fotonů a účelně ji přeměňovat v jiné formy energie – tepelnou, mechanickou, elektrickou a chemickou.

Nejjednodušší je přeměna slunečního záření v energii tepelnou. Záření můžeme zachycovat pomocí kolektorů (sběračů) nebo soustavou sběrných čoček. Plochými kolektory můžeme převádět teplo o nízkém potenciálu (do 100°C). Tyto systémy slouží převážně k ohřevu vody a vytápění budov. Optickou koncentrací můžeme získat vysokopotenciální teplo v řádu stovek až tisíců $^\circ\text{C}$. Vysokoteplotní systémy můžeme použít pro destilaci vody, jako sluneční vařiče a pece k přípravě jídel, pro tavení kovů a v teplých krajích může energie posloužit pro chlazení.

Přímá přeměna sluneční energie v mechanickou je velmi málo účinná, protože tlak fotonů je nepatrný. Jinak ale skoro všechna energie na zemi má původ v energii sluneční.

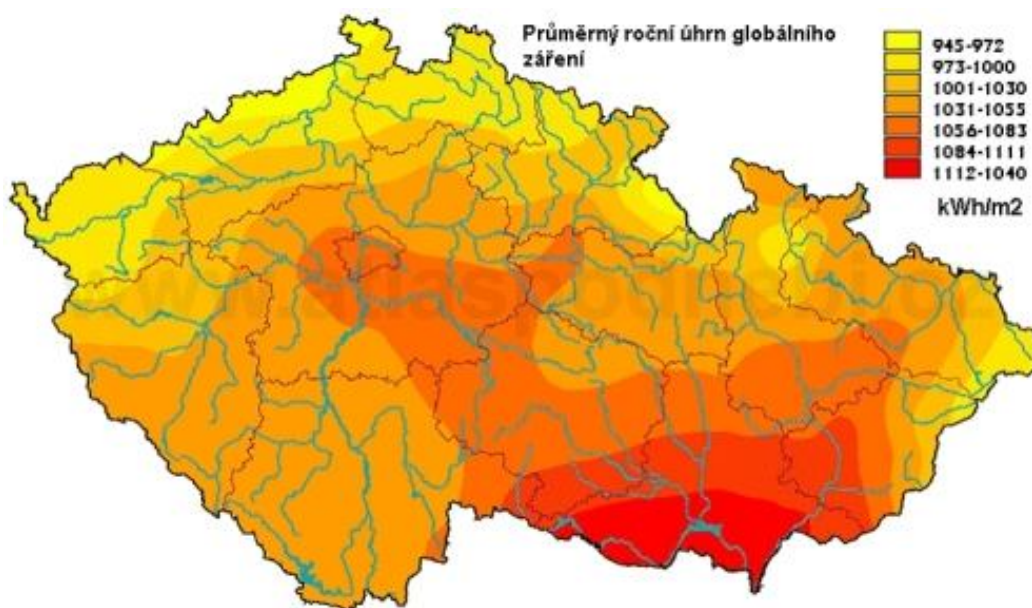
Přímá přeměna energie slunečního záření v elektrickou energii je umožněna na základě fotovoltického jevu, kde fotony působí na elektrony v polovodičích. Pro

výrobu elektrické energie ve větším měřítku je ale nepříznivým faktorem malá účinnost a poměrně vysoká cena panelů.

2.2 Sluneční záření v ČR

V České Republice jsou dobré podmínky pro využití solární energie. Ty jsou dány nejenom legislativou ale také podnebím. Doba slunečního svitu se pohybuje mezi 1400 – 1700 h/rok. V některých oblastech dokonce doba slunečního svitu dosahuje 2000 h/rok. V jedné z těchto oblastí leží i navrhovaný solární systém.

Obr.2.2.1. Průměrný roční úhrn globálního záření [1]



V České Republice solární systémy neustále přibývají. Zapříčiňuje to pokles cen solárních systémů, podpora státu, zlepšení systémové techniky, komfortní řídicí jednotky s optimalizací čerpadel, které zlepšují celkovou účinnost celého systému. V ČR si můžeme povšimnout vzrůstu využívání solárních soustav pro ohřev TUV i u větších objektů, jako jsou hotely, zdravotní střediska, školy a další. Potenciál trhu je

neustále silnější, proto lze očekávat další přírůstky v počtu instalovaných solárních soustav.

Obr. 2.2.2. Solární fasáda pro ohřev TUV na škole v Břeclavi [16]



3 Sluneční kolektory

Základní princip slunečních kolektorů je přeměna slunečního záření na teplo. Jednou z nejjednodušších forem slunečního kolektoru je černě natřená nádrž nebo sud, které můžeme vidět na střechách domů v rozvojových zemích. Jednoduché kolektory můžeme spatřit také na koupalištích. Nazývají se bazénové kolektory. Skládají se většinou z vedle sebe ležících černých trubek nebo rohoží. Cesta od takovýchto kolektorů k nejpoužívanějšímu typu – plochému kolektoru není moc daleká. Místo černých trubek slouží jako absorbér černá kovová deska, kterou protéká teplotonosná

látka. Absorbér je zaizolovaný a ve směru ke slunci uzavřen transparentním krytem. Takovýto kolektor má mnohem lepší účinnost než klasický bazénový kolektor.

3.1 Plochý kolektor

Ploché kolektory zaujímají většinu trhu. Díky své konstrukci mohou vyvinout s dobrou účinností teploty 40 – 60 °C nad teplotou okolí. Využívají se především k přípravě teplé vody, zejména v teplých měsících.

Obr.3.1.1. Řez plochým kolektorem [2]



3.1.1 Absorbéry plochých kolektorů

Praxe ukazuje, že životnost kolektoru závisí především na korozní odolnosti absorbéru a odolnosti transparentního krytu. Jako materiál pro absorbéry se volí kvůli vysokým teplotám při chodu na prázdko nejčastěji měď, ocel nebo hliník.

Lamelové absorbéry: Na trhu jsou dnes nejrozšířenější. Jako materiál se nejčastěji

volí měděné trubky. Lamelové absorbéry jsou flexibilní jak v dodávané délce (až 6 metrů), tak i v průtočnosti absorbérů – můžeme je řadit paralelně i sériově.

Polštářové absorbéry: Dosahují nejlepšího převodu tepla mezi absorbérem a pracovní látkou a to nezávisle na rychlosti průtoku. Jejich nevýhodou je zejména velká hmotnost a malá tlaková odolnost. Polštářové absorbéry také potřebují velké množství pracovní látky. Dnes je na trhu jen málo výrobců polštářových absorbérů a úměrně k tomu i jejich nabídek.

Válcované absorbéry: Nejčastěji se vyrábějí se z hliníkového plechu. Z tepelného hlediska jsou velmi výkonné. Nevýhoda je v použití hliníku, který je náchylný ke korozi.

3.1.2 Izolace, kryty a skříň kolektoru

Pro tepelnou izolaci absorbéru ze spodní a bočních stran se nejčastěji používají tvrdé desky z pěnového polyuretanu. Vhodné jsou kvůli jejich pevnosti zejména pro vyztužení rámu kolektoru.

Transparentní kryt kolektoru by měl být maximálně propustný, ale také by měl zadržovat zpětné dlouhovělné tepelné záření. Díky dobrému součiniteli tepla při jedné vrstvě je použití dvojskla méně časté - asi 10 %. Dvojité krytí sice vede k redukci tepelných ztrát, ale současně klesá světelná propustnost, čímž se snižuje účinnost systému a také stoupá hmotnost a cena kolektoru.

Skříň kolektoru musí trvale chránit absorbér a tepelnou izolaci před povětrnostními vlivy a vlhkostí. Nejpoužívanějším materiálem pro rámy kolektoru je hliník. Je cenově dostupný, dá se dobře zpracovávat a je odolný proti povětrnostním vlivům. Další výhodou je, že připevňování hliníkových konstrukcí k střešnímu plášti je realizovatelné pouze s použitím běžného klempířského nářadí.

3.2 Vakuové trubicové kolektory

Vakuové trubicové kolektory mají menší součinitel prostupu tepla. Tato nižší teplota znamená také menší tepelné ztráty a tím vyšší účinnost, hlavně při vyšších teplotách. Pokud srovnáme klasický plochý kolektor s vakuovým, znatelné rozdíly se projeví při velkých teplotních rozdílech mezi absorbérem a okolím a také při menším záření. V létě dosahuje vakuový kolektor asi o 8 % lepší účinnosti než kolektor plochý. Pokud vezmeme použití tohoto kolektoru z praktického hlediska, je vhodné používat jej tehdy, pokud potřebujeme docílit lepšího zisku energie. Jsou vhodné pro ohřev na vyšší teploty. Zvláště vhodné jsou pro vytápění a výrobu technologického tepla. Méně vhodné se jeví pro ohřev TUV (tepelné rozdíly k okolí 20 – 40 °C). A jako zcela nevhodné se jeví pro ohřev vody v bazénu.

Vakuové kolektory jsou evakuovány až na 10^{-5} mbar. Vzhledem k tomu že tlak venkovního vzduchu se pohybuje kolem 1000 mbar, jsou trubice tímto rozdílem tlaků značně namáhány. Z tohoto důvodu mají vakuové kolektory vždy tvar trubic. Skupinu trubic montovaných v rámu vedle sebe tvoří jeden kolektorový modul (viz obr.č 1.1.1) Vakuové kolektory můžeme rozdělit na přímo protékané absorbéry a absorbéry s tepelnou trubicí „Head Pipe“. Ve druhém případě je absorbér konstruován jako tepelná trubice s vypařující se kapalinou (od 25 °C), nejčastěji vodou nebo alkoholem při sníženém tlaku. Pracovní kapalina se vypařuje, stoupá do kondenzátoru, kde předá teplo a zkondenzuje zpět. Toto teplo je pak odváděno teponosným médiem. Nevýhodou tohoto systému je sklon systému, který pro bezproblémový chod musí mít minimálně 15 – 20°. Předností tohoto systému je ale snadná výměna trubek, aniž by se kolektor musel vyprázdnit. Další velká výhoda tkví v regulačním účinku tepelných trubic, kdy pokud je obsah trubice vypařen, nedochází k dalšímu zvyšování teploty. Nastává klidová teplota. Bohužel i tato klidová teplota může přesahovat 250 °C. Při této teplotě dochází k velkému zatěžování materiálů kolektoru, proto existují „omezovače klidového stavu“, které zapříčiňují uzavírání kondenzátoru při určité teplotě. Toto uzavírání zajišťuje součástka s tvarovou pamětí. Přímo protékané kolektory, zejména při použití přídavných reflektorů mohou dosáhnout teplot až 300 °C, proto musíme hlavně v jednoduchých systémech ohraničit teploty v okruhu.

Obr.3.2.1. Vakuový trubicový kolektor [3]



3.2.1 Kryty a skřín kolektoru

Nízkoležnaté tvrzené solární sklo v posledních letech nahrazují trubice z bórosilikátového skla o tloušťce stěny 1,5 až 3 mm. Toto sklo má lepší mechanické a tepelné vlastnosti. Trubice vydrží velké tepelné difference a mechanické poškození. Optické vlastnosti jsou podobné jako u plochých kolektorů, ale bórosilikátové sklo je dražší.

U vakuových trubic je sama trubice skříní. Tato skřín chrání absorbér a vakuum. Za kolektorovou skřín také můžeme označit konstrukci nosiče pro trubice. Materiály jsou zde podobné jako u plochých kolektorů.

4 Způsoby využití solárních soustav pro ohřev vody

Spotřebitel by měl být energií zásobován hospodárně. Dobře navržená soustava, která je zároveň jednoduchá, pracuje lépe než soustava komplexní a složitá. Solární soustavy můžeme rozdělit do tří hlavních celků: Ohřev vody v bazénu, ohřev pitné vody a ohřev pitné vody a vytápění.

4.1 Solární soustavy pro ohřev bazénů

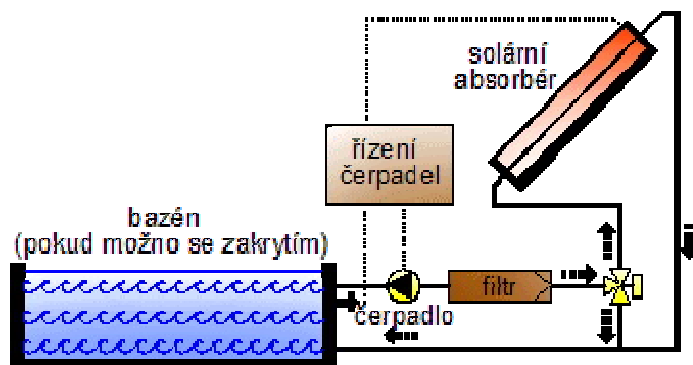
Solární soustavy pro ohřev vody v bazénech jsou provozovány s nuceným oběhem. Jedná se o čerpadlové systémy s minimálním tlakem. Tento tlak je žádoucí kvůli plastovým kolektorům, které nesnesou velké tlakové namáhání.

Většinou jde o jednookruhový systém, který se skládá z bazénu jako zásobníku, zpětného potrubí, solárního přívodu a čerpadla. Protože bod varu vody nebude překročen, nejsou některé díly běžné u standardních solárních soustav potřebné. Jedná se hlavně o tepelný výměník, a pojistná zařízení – pojistný ventil, expanzní nádoba.

Solární soustavy se vyznačují velkými kolektorovými plochami, které u velkých koupališť mohou dosahovat i stovek m². Pro bezchybnou funkci a co největší zisk je nutné, aby byl zajištěn rovnoměrný průtok. Aby byl zajištěn rovnoměrný průtok, bývá celková plocha rozdělena do více částí. Toto rozdělení je žádoucí například kvůli rozmístění absorbérů kolektorů na střechách budov, jak tomu bývá u velkých koupališť.

Pro majitele malých bazénů je vhodné předimenzovat soustavu pro ohřev TUV a přebytky v letních měsících využít pro ohřev vody v bazénu. U krytých bazénů v halách se solární ohřev nevyužívá kvůli odpařování vody v uzavřeném prostoru, kde je třeba vyvinout aktivní opatření pro odstraňování vlhkosti. Spotřeba energie pro tento účel je nákladná a proto se počítá se zpětným využitím tepla z vlhkosti, ke kterému se většinou využívají tepelná čerpadla.

Obr.4.1.1. Schéma solární soustavy pro ohřev bazénu [4]



4.2 Solární soustavy pro ohřev TUV

4.2.1 Samotížné systémy

Princip samotížného systému funguje na základě toho, že teplá voda má menší hmotnost než voda studená, proto stoupá do zásobníku položeného nad absorbérem a studená voda naopak z dolní části zásobníku teče zpět do kolektoru. Systém je intenzivnější úměrně se silou slunečního záření.

Výhody tohoto systému tkví v jeho jednoduchosti, oběh se řídí samočinně, nepotřebuje čerpadlo a proto ani elektrický proud. Ve srovnání s klasickou soustavou odpadají hlavní části: čerpadlo a řídicí jednotka, proto jsou soustavy výrazně levnější. Tyto soustavy mohou být provozovány s otevřeným solárním okruhem, na rozdíl od nuceného oběhu, kde potřebujeme alespoň minimální tlak. Tím odpadají další prvky: Tlakoměr, pojistný ventil a odvzdušňovací ventil.

Hlavní nevýhodou tohoto systému je nižší účinnost a také fakt, že zásobník musí být umístěn nad kolektory. To může být obtížné zejména u zásobníků na střeše, kde může dojít k nadměrnému zatížení. Také je třeba se vyvarovat delších horizontálních cest a průvěsů potrubí. Tyto systémy nalézají své využití hlavně v jižní Evropě.

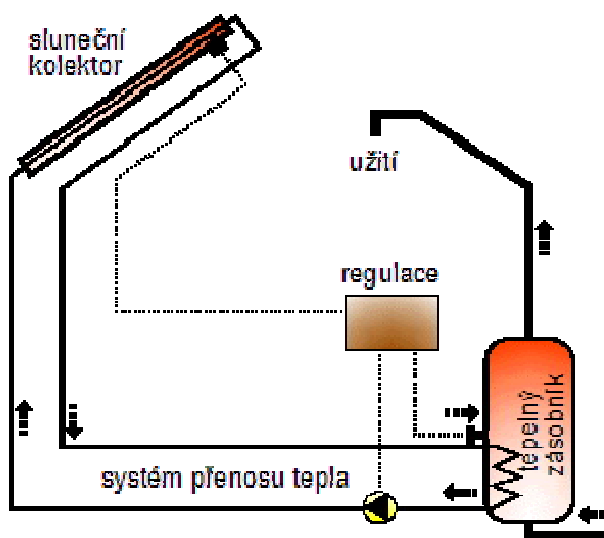
4.2.2 Systémy s nuceným oběhem

U systémů s nuceným oběhem je použito čerpadlo, které uvádí teplonosnou kapalinu v okruhu do cirkulace. Pro řízení čerpadla je nutný regulátor. Jejich hlavním znakem je tedy čerpadlo ve spojení s řídicí jednotkou.

Jednou z výhod tohoto systému je možnost přizpůsobení umístění zásobníků a kolektorů podle daných možností. Dají instalovat do tlakových vodovodních sítí. Vhodným naddimenzováním dílů můžeme dosáhnout vysoké účinnosti.

Nevýhodou je jejich cena, ve které se promítnou dodatečné náklady na čerpadlo, řízení a instalaci.

Obr.4.2.2. Schéma solární soustavy pro ohřev TUV [4]



4.2.3 Solární soustavy pro ohřev pitné vody a vytápění

V současné době zaznamenáváme nárůst těchto systémů v důsledku většího počtu staveb nízkoenergetických a pasivních domů. U těchto staveb se používá nízkoteplotní

stěnové nebo podlahové vytápění, pro které je solární systém zvláště vhodný. Dále k tomuto nárůstu přispěly zlepšené systémy zásobníků s nabíjením ve vrstvách. Téměř vždy musíme počítat s dohříváním ještě pomocí jiného zdroje, protože plné pokrytí je ve střední Evropě možné jen s velkými investičními náklady, které je mnohdy lepší investovat do důslednějšího řešení izolací.

5 Dimenzování solárního systému pro ohřev TUV

Solární systém navrhují pro objekt v Jihomoravském městě Hodonín, nadmořská výška domu je 162 m.n.m. Jedná se o jedno z nejteplejších míst v ČR. Domek je dvougenerační, přičemž každá bytová jednotka je oddělena zvlášť na jednom patře. Navrhovaná soustava bude naddimenzována pouze pro ohřev TUV v 2. patře, které je celoročně obýváno 4 osobami. Dům leží v zastavěné oblasti, ale nestíní zde žádný vyšší objekt, a proto můžeme brát jako využitelnou plochu celý obsah střechy, který tvoří plocha o rozměru 105 m². Střecha má sklon 30° a je orientovaná k jihu (80% plochy), zbytek tvoří střecha rovná.

5.1 Stanovení energie a tepla pro ohřev TUV

Pro stanovení potřebné energie musíme znát potřebu TUV. V našem případě můžeme vycházet buď z celoroční spotřeby vody za minulé období, nebo použít průměrné hodnoty z odborné literatury. Pokud známe spotřebu vody, můžeme vypočítat potřebné množství TUV podle vztahu:

Množství vody (m_v) se určí:

$$m_v = \frac{m_R}{n_R \cdot n_o} \quad [\text{m}^3/\text{den} \cdot \text{os}] \quad (5.1.0)$$

Kde: m_R ...spotřeba vody za rok [m³]

n_R ...počet dní v roce

n_o ...počet osob

m_v ...množství vody (m_v)

V našem případě ale údaje spotřeby zajištěné měřením z minulých období nejsou k dispozici, proto volím údaje z tabulky 5.1.1 obsažené v literatuře [8].

Tab. 5.1.1. Denní spotřeba vody na den a osobu

| | Spotřeba teplé vody na den a osobu o teplotě 55°C |
|---------------------|---|
| nenáročné požadavky | 10 – 20 l |
| vyšší požadavky | 20 - 40 l |
| nejvyšší požadavky | 40 – 80 l |

Volím nejvyšší požadavky, spotřebu 80 l na osobu. Z toho můžeme vyjádřit celkové množství vody pro domácnost $m_v=0,32 \text{ m}^3/\text{den}$.

5.1.1 Výpočet potřeb tepla pro 4 osoby na přípravu TUV.

Za den vypočítáme potřebné množství tepla podle vztahu:

$$Q_{SPOTŘ} = c_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot m_{V55} \cdot (t_2 - t_1) \cdot \eta \quad [J] \quad (5.1.2)$$

Kde můžeme určit:

c_{H_2O} - měrná tepelná kapacita vody [J/kg·K]

ρ_{H_2O} - hustota vody [kg/ m³]

t_2 - výstupní teplota z kolektorů [°C]

t_1 - vstupní teplota do kolektorů

η – ztráty v rozvodech, zásobníku, výměníku (uvažujeme 15 %)

Po dosazení:

$$Q_{SPOTŘ} = 4186 \cdot 995,6 \cdot 0,32 \cdot (55 - 5) \cdot 1,15 = 76683501,44 J = 21,3 kWh$$

Za měsíc pak bude potřebné množství tepla:

$$Q_{MĚS} = Q_{SPOTŘ} \cdot \text{počet dní v měsíci} \quad [kWh] \quad (5.1.3)$$

Po dosazení:

$$Q_{MĚS} = 21,3 \cdot 31 = 660,3 kWh$$

Tab. 5.1.4. Množství tepla na ohřev TUV v jednotlivých měsících

| Měsíc [-] | $Q_{m\acute{e}s}$ [kWh] |
|--------------|----------------------------|
| I | 660,3 |
| II | 596,4 |
| III | 660,3 |
| IV | 639 |
| V | 660,3 |
| VI | 639 |
| VII | 660,3 |
| VIII | 660,3 |
| IX | 639 |
| X | 660,3 |
| XI | 639 |
| XII | 660,3 |

5.1.2 Dimenzování plochy kolektorů a určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce.

Pro určení dostatečné plochy kolektorů a výpočtů energetické bilance vycházím z literatury [9]. Veškeré výpočty jsou provedeny pomocí tabulkového editoru Microsoft Excel.

Pro výpočet plochy kolektorů a pro sestavení energetické bilance musíme znát dopadající energii zachycenou kolektorem za určitý čas, kterou můžeme popsat vztahem:

$$Q_A = \eta_A \cdot Q_S \quad [Wh \cdot m^{-2}] \quad (5.1.5.)$$

kde: η_A - účinnost kolektorů

Q_S - skutečná energie dopadající na kolektory:

$$Q_S = \tau \cdot Q_{Steor} \quad [Wh \cdot m^{-2}] \quad (5.1.6.)$$

kde τ - poměrná doba slunečního svitu:

$$\tau = \tau_{skut} / \tau_{teor} \quad [-] \quad (5.1.7.)$$

pro výpočet použijeme energii dopadající na kolektor za průměrný den nebo za celý měsíc.

Ve výpočtu uvažuju klimatické hodnoty pro Brno dle vztahu (5.1.7), protože je k zadanému objektu nejbližší a podmínky jsou podobné. Teoretické množství energie dle [2]. Skutečné množství energie pak můžeme určit ze vztahu (5.1.6). Vše přehledně shrnují tabulky 5.1.8. která zobrazuje poměrnou dobu slunečního svitu, teoretické a skutečné množství energie dopadající na plochu za den v jednotlivých měsících.

Tab. 5.1.8. Poměrná doba slunečního svitu, teoretické a skutečné množství energie dopadající na plochu za den v jednotlivých měsících pro úhel sklonu osluněné plochy 30° , azimutový úhel 0° (orientace na jih) a součinitel znečištění atmosféry $Z=3$ a teoretická doba svitu v hodinách

| Měsíc | τ | $Q_{SD\text{teor}}$ [kWh.m ⁻²] | Q_{SD} [kWh.m ⁻²] | τ_{teor} [h] |
|-------|--------|---|------------------------------------|-----------------------------|
| I | 0,18 | 2,96 | 0,53 | 8,26 |
| II | 0,31 | 4,48 | 1,39 | 10,12 |
| III | 0,38 | 6,44 | 2,45 | 12 |
| IV | 0,39 | 7,98 | 3,11 | 13,9 |
| V | 0,48 | 9,56 | 4,59 | 15,7 |
| VI | 0,53 | 9,98 | 5,29 | 16,34 |
| VII | 0,56 | 9,56 | 5,35 | 15,7 |
| VIII | 0,53 | 7,98 | 4,23 | 13,9 |
| IX | 0,5 | 6,44 | 3,22 | 12 |
| X | 0,37 | 4,48 | 1,66 | 10,12 |
| XI | 0,23 | 2,96 | 0,68 | 8,26 |
| XII | 0,12 | 2,35 | 0,28 | 7,85 |

Pro stanovení energie z kolektorové plochy je musíme zvolit vhodný kolektor a určit jeho účinnost.

Pro zjištění účinnosti kolektoru potřebujeme určit střední intenzitu záření pomocí vztahu:

$$I_{stř} = \frac{Q_{Steor}}{\tau_{teor}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.1.9)$$

Protože účinnostní charakteristiku kolektoru můžeme vyjádřit jako $\eta_A=f(A)$, musíme dále vypočítat redukovanou teplotu A dle :

$$A = \frac{t_{stř} - t_v}{I} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (5.2.0)$$

Kde:

$t_{stř}$...střední teplota kolektoru [°C]

t_v ... střední teplota vzduchu v době slunečního svitu [°C]

V mém případě je užitková voda přiváděna ze studny, která má hloubku 6 metrů, proto volím počáteční teplotu vody 5 °C pro všechny měsíce. Vzhledem k tomu, že v chladnějších měsících nemůžu vodu ohřát na stejnou teplotu jako v měsících letních, volím výstupní teploty 35 °C v chladnějších měsících a 55 °C v letních měsících. Střední teploty z těchto hodnot vychází:

duben - září $t_{stř} = 30 \text{ °C}$

říjen - březen $t_{stř} = 20 \text{ °C}$

Pro výpočet účinnosti jednotlivých měsíců potřebujeme znát technické údaje, abychom podle nich mohli sestavit účinnostní charakteristiku kolektoru. U některých kolektorů udává účinnostní charakteristiku přímo výrobce. Zvolil jsem kolektor Vitosol 200-F typ 5DI, který na český trh dodává firma Viessmann. Technické údaje tohoto kolektoru uvádím v příloze č. 1.

Účinnostní charakteristiku kolektoru můžeme vypočítat dle vztahu:

$$\eta_k = \eta_o - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot I_{STŘ} \quad [-] \quad (5.2.1)$$

Kde:

η_o - účinnost kolektoru [-]

a_1 - regresní součinitel [W/m²·K]

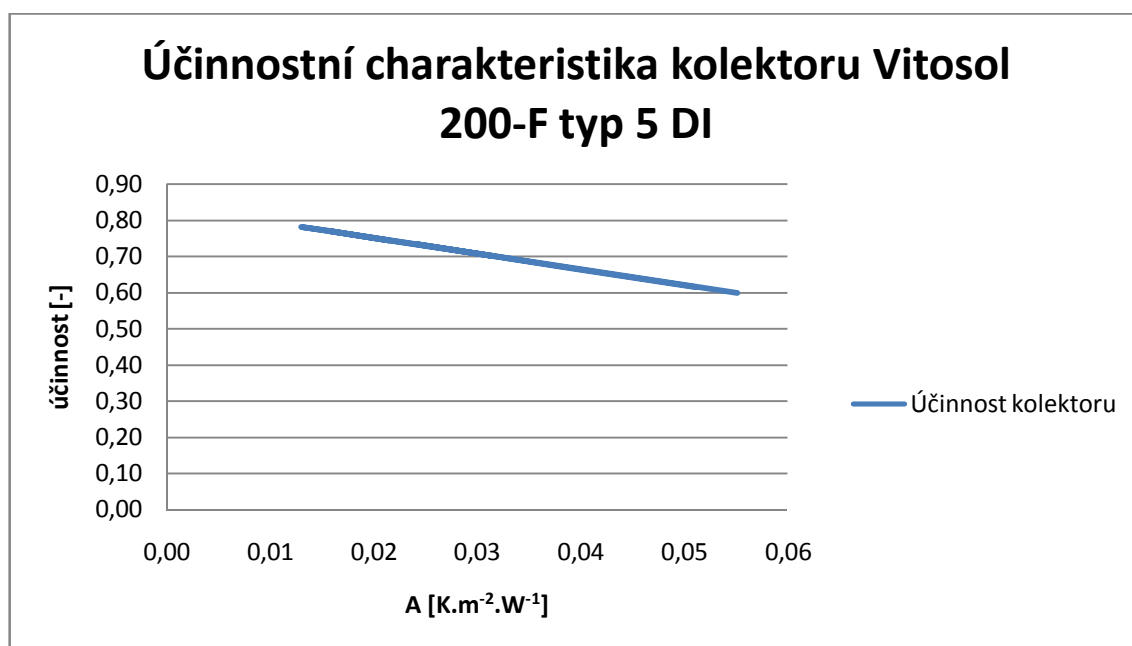
a_2 - egresní součinitel [W/m²·K²]

Po dosazení účinnosti kolektoru a regresních součinitelů prostupu tepla podle informací od výrobce v příloze č. 1. dostáváme vztah:

$$\eta_k = 0,836 - 4,16 \cdot A - 0,0073 \cdot A^2 \cdot I_{STŘ} \quad (5.2.2.)$$

Účinnostní křivku nám pak shrnuje graf který byl vytvořen za pomoci programu Microsoft Excel.

Účinnostní křivka pro kolektor Vitosol 200-F typ 5DI (5.2.3)



Tabulka 5.2.4. nám shrnuje vypočtené hodnoty A dle vztahu (5.2.0) η_k dle (5.2.1.) a $I_{stř}$ dle (5.1.9.)

Tab.5.2.4. Hodnoty A , η_a , $I_{stř}$

| Měsíce | $t_{stř}$ [°C] | $I_{stř}$ [Wh] | t_v [°C] | A [K.m ⁻² .W ⁻¹] | η_k [-] | Q_{AD} [kWh.m ⁻²] |
|--------|--------------------|-------------------|----------------|--|-----------------|------------------------------------|
| 1 | 20 | 358,35 | 1,7 | 0,05 | 0,62 | 0,33 |
| 2 | 20 | 442,69 | 2,8 | 0,04 | 0,67 | 0,93 |
| 3 | 20 | 536,67 | 7 | 0,02 | 0,73 | 1,79 |
| 4 | 30 | 574,10 | 12 | 0,03 | 0,70 | 2,18 |
| 5 | 30 | 608,92 | 17,2 | 0,02 | 0,75 | 3,43 |
| 6 | 30 | 610,77 | 20,2 | 0,02 | 0,77 | 4,06 |
| 7 | 30 | 608,92 | 22,1 | 0,01 | 0,78 | 4,18 |
| 8 | 30 | 574,10 | 21,8 | 0,01 | 0,78 | 3,28 |
| 9 | 30 | 536,67 | 18,5 | 0,02 | 0,75 | 2,40 |
| 10 | 20 | 442,69 | 13,1 | 0,02 | 0,77 | 1,28 |
| 11 | 20 | 358,35 | 7,7 | 0,03 | 0,69 | 0,47 |
| 12 | 20 | 299,36 | 3,5 | 0,06 | 0,60 | 0,17 |

.Jako měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí jsem zvolil duben. V návrhu se snažíme plně pokrýt veškerou energii pro ohřev TUV od dubna do září pouze sluneční energií. Pro výpočet plochy kolektorů vycházíme ze vztahu (5.2.5):

$$S_A = \frac{Q_{Den}}{Q_{AD}} \quad [m^2] \quad (5.2.5.)$$

Po dosazení:

$$S_A = \frac{21,3}{2,18} = 9,77 m^2$$

Velikost kolektorového pole volím 9,77 m².

Víme, že velikost absorberu kolektoru Vitosol 200-F typ 5DI je 4,763 m², proto volím 2 kolektory .

5.1.3 Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce

Energetická bilance je potřebná pro celkový přehled kolik energie lze získat ze slunečního záření a následné určení množství energie, kterou musíme dodat k ohřevu TUV ještě dalším zdrojem. Energii zachycenou navrhovaným solárním zařízením v jednotlivých měsících můžeme dostat podle vztahu:

$$Q_{Am} = Q_{Aden} \cdot S_{inst} \cdot n_m \quad [\text{kWh/m}^2] \quad (5.2.6)$$

Kde:

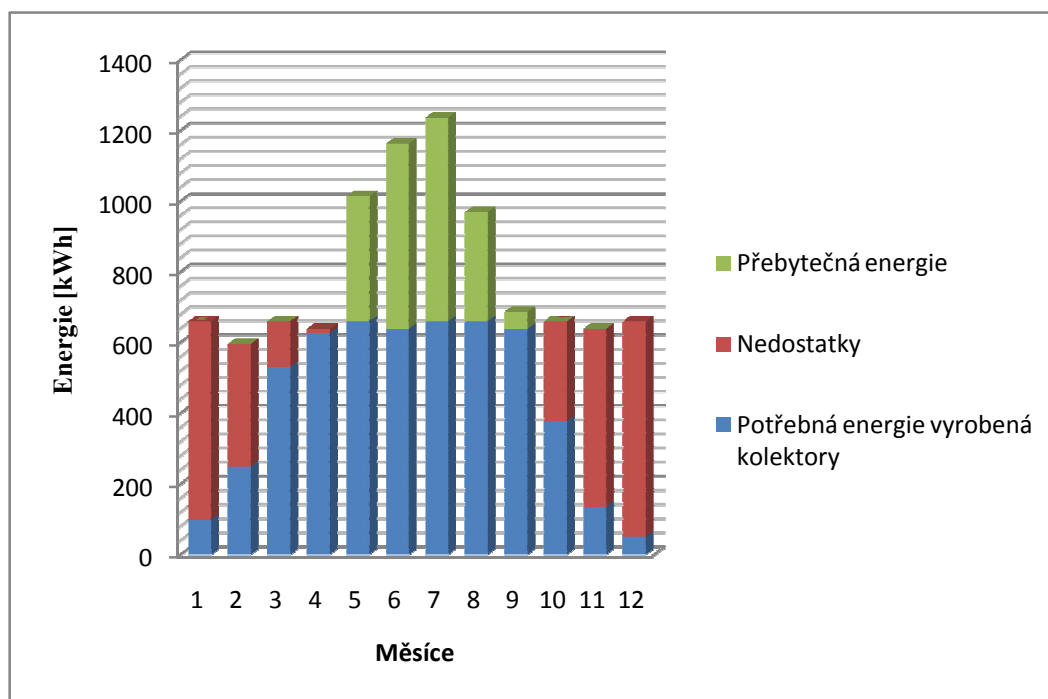
n_m - počet dní v měsíci

Od energie zachycené solárním zařízením pak dále odečteme celkovou měsíční spotřebu energie pro TUV. Pokud je výsledek záporný, bereme ho jako nedostatek energie (Q_{DDM}), naopak pokud dostaneme kladné číslo, kolektory zachycují energii přebytek ($Q_{PŘ}$). Důležitým ukazatelem pro správné zhodnocení energetické bilance je také množství energie získané kolektorovou plochou bez přebytků (Q_{UZK}).

Tab. 5.2.7. Energetická bilance pro jednotlivé měsíce

| měsíc | Q_{Am} [kWh/m ²] | $Q_{PŘ}$ [kWh] | Q_{DDM} [kWh] | Q_{UZK} [kWh] |
|-------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1. | 98,11 | 0,00 | 562,19 | 98,11 |
| 2. | 249,81 | 0,00 | 346,59 | 249,81 |
| 3. | 531,33 | 0,00 | 128,97 | 531,33 |
| 4. | 627,54 | 0,00 | 11,46 | 627,54 |
| 5. | 1014,36 | 354,06 | 0,00 | 660,30 |
| 6. | 1162,80 | 523,80 | 0,00 | 639,00 |
| 7. | 1236,35 | 576,05 | 0,00 | 660,30 |
| 8. | 969,93 | 309,63 | 0,00 | 660,30 |
| 9. | 687,27 | 48,27 | 0,00 | 639,00 |
| 10. | 377,48 | 0,00 | 282,82 | 377,48 |
| 11. | 134,87 | 0,00 | 504,13 | 134,87 |
| 12. | 50,52 | 0,00 | 609,78 | 50,52 |

Obr. 5.2.8. Graf celoroční energetické bilance



V tabulce 5.2.9. je zhodnocena energie z celkové kolektorové plochy za rok (Q_{ZKR}) a energie z 1 m² kolektorové plochy (Q_{ZKR/m^2}), užitečná energie z celkové kolektorové plochy (Q_{UZKR}) a užitečná energie z 1 m² kolektorové plochy (Q_{UZKR/m^2}), roční suma energie potřebná na dohřev (Q_{DDR}) TUV, celkové množství potřebné energie k ohřevu za rok (Q_{SPR}) a poměr energie vyrobené kolektorem a dohřevem v %.

Tab. 5.2.9. Celoroční zhodnocení tepelné bilance

| Q_{ZKR} [kWh] | Q_{ZKR/m^2} [kWh/m ²] | Q_{UZKR} [kWh] | Q_{UZKR/m^2} [kWh/m ²] | Q_{DDR} [kWh] | Q_{SPR} [kWh] | % |
|--------------------|--|---------------------|---|--------------------|--------------------|----|
| 7140,37 | 749,57 | 5328,56 | 559,370558 | 2445,94 | 7774,5 | 69 |

6 Dohřívání a volba zásobníku

Nabídka energie se zpravidla nekryje s její momentální potřebou, proto musí tepelný zásobník splňovat důležitou úlohu. Přebytečnou nabídku energie musí z kolektoru převzít a uchovat pro periody chudé na záření. Ideální by byl zásobník, který by přijal veškeré teplo z kolektoru a udržel je libovolně dlouhou dobu (a to beze ztrát), byl by malý a za nízkou cenu. Existence takového zásobníku by byla revolucí nejen v solární, ale v celé energetické technice. I když se teď pohybujeme v říši iluzí, stačí jen pohled k poznání ohromného významu zásobníku. V praxi jde o čtyři aspekty, které je potřeba sladit: jímavost tepla (tepelnou kapacitu), tepelné ztráty, velikost a cenu. [3]

Dohřev vody v mém případě zajišťuje plynový kotel s bojlerem, který je již instalován, proto navrhuji akumulační nádrž, ve které je jen tepelný výměník solárního okruhu. Potřebný objem zásobníku je závislý na denní spotřebě vody. Obvykle se počítá podle empirického pravidla, se zásobníkem který vystačí na 1,5 až dvojnásobek denní spotřeby TUV. Tato hodnota je důležitá pro pokrytí denní špičky, kdy je odběr vody větší a také jako zásoba ve dnech chudých na sluneční záření. Objem nádrže můžeme

vypočíst podle vzorce:

$$O = m_{\text{vden}} \cdot n_o \cdot 2 \quad [\ell] \quad (6.1.1)$$

Po dosazení:

$$O = 80 \cdot 4 \cdot 2 = 640 \ell$$

Pro můj případ volím akumulční nádrž Solartank PSK 750, kterou lze zakoupit u firmy Solar Power.

Obr. 6.1.2. Akumulační nádrž SOLARTANK PSK750 [5]



Zásobník užitkové vody je umístěn ve středu akumulční nádrže, kolem spodní části je obklopen trubkovým tepelným výměníkem ve tvaru spirály. Se zařízením se dodává elektronická anoda (zabraňující usazování vodního kamene) a 100 mm silná izolace z tvrdé pěny s omyvatelným plastovým povrchem, která se upevňuje na nádrž až na místě instalace. Solartank najde uplatnění pro rodinné domky, případně veřejná zařízení. Ohřev vody v zásobníku a nádrži je zajištěn solárními kolektory nepřímým

přestupem tepla přes trubkový výměník a teplovodní soustavou, ve které může být zařazeno i více zdrojů. Solartank je dále vybaven přírubou 1½" pro instalaci elektrické topné patrony. [5]

6.1 Způsob provozování solárního zařízení

Systém bude provozován technikou High – Flow (velký průtok). Výrobce kolektorů ve svých materiálech doporučuje průtok 200 l/hod na kolektor. Průtok vztažený na m² pak bude 42 l/hod·m². Protože navrženy jsou kolektory dva, průtok oběma kolektory bude 400 l/hod. Průtok dále můžeme libovolně upravovat nastavením regulace a čerpadla, čímž můžeme nastavením optimálních podmínek pro dané prostředí zvýšit celkovou účinnost systému. Kolektory budou zapojeny paralelně, aby čerpadlo nemuselo překonávat velký tlakový spád a tím se nesnižovala celková účinnost systému. Pro přenos tepelné energie, kvůli celoročnímu používání, použijeme jako pracovní látku nemrznoucí kapalinu Solaren s vodou.

Spojovacím potrubím, které musí být izolované, poteče teplotonosná kapalina nejkratší cestou do výměníku akumulární nádrže, kde předá svou tepelnou energii ohřívání vodě. V zimních měsících a při zvýšené oblačnosti v měsících letních, kdy kolektor vodu nebude schopen ohřát na požadovanou teplotu, použijeme stávající instalovaný bojler k dohřevu. Proudění pracovní látky zajišťuje oběhové čerpadlo. Díky zpětné klapce je zamezeno zpětné cirkulaci v době, kdy je systém mimo provoz.

Pro optimální výkon celého solárního systému a celkový přehled je nezbytná řídicí jednotka. Ta zajišťuje řízení oběhového čerpadla, snímá potřebné teploty, zejména mezi kolektory a zásobníkem. Snímá také intenzitu slunečního svitu, vyhodnocuje energetické zisky systému.

Pro svůj návrh volím SOLÁRNÍ REGULÁTOR TDC1+ firmy Sorel.

Obr. 6.1.3. SOLÁRNÍ REGULÁTOR TDC1+ [3]



Solární systém musí být chráněn jistícími prvky. Bezpečné provozování systému zajišťuje odvzdušňovací ventil, expanzní nádoba a pojistný ventil. Odvzdušňovací ventil zajišťuje odvod plynů z primárního okruhu. Pro vyrovnání tlaku při zahřívání používáme expanzní nádobu. Pojistný ventil odpouští teplotonosnou směs při přetlaku, který vzniká přehřátím kolektorů v letních měsících a chrání tak celý systém, zejména poškození rozvodů.

7 Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska

7.1 Ekonomické zhodnocení

Ekonomická efektivnost celého projektu je jeden z nejdůležitějších kritérií, zejména u odpůrců solárních zařízení. Jednou z možností jak vyhodnotit ekonomickou efektivnost je určit návratnost investované částky, kterou můžeme vypočítat dle:

$$T_n = \frac{N_c}{Z_r} \quad [\text{rok}^{-1}] \quad (7.1.1.)$$

kde:

N_c - celkové investiční náklady v Kč

Z_r - hodnota úspor energie v Kč za rok

Po dosazení:

$$T_n = \frac{141\,257}{11427} = 13 \text{ let}$$

Celková úspora solárním systémem s 69 % pokrytí činí 5328,56 kWh což je 19,182 GJ. Tomu odpovídá spotřeba 594 m³ zemního plynu za rok, pokud uvažujeme spalování v běžném kotli s účinností 89 %, dostáváme 11 427 Kč/rok. Ceny plynu jsou platné k 1.1.2010. Výpočet byl proveden dle [6]. Celkové investiční náklady na solární zařízení jsou shrnuty v tabulce (7.1.2.)

Ekonomická efektivnost bez dotace:

$$T_n = \frac{196257}{11427} = 18 \text{ let}$$

Tab 7.1.2. Investiční náklady solárního systému

| Pořadí | Zařízení | Typ | Ks | Cena [Kč] |
|--------|-----------------------------------|-------------|----|-------------|
| 1. | Akumulační nádrž SOLARTANK | PSK750 | 1 | 69 360,- |
| 2. | Solární kolektor | 5DI | 2 | 96 390,- |
| 3. | Uchycení kolektorů | Konstrukce | 2 | 8 832,- |
| 4. | Čerpadlová jednotka | RLG-E | 1 | 7 200,- |
| 5. | Expanzní nádoba | AG33S (33l) | 1 | 2 760,- |
| 6. | Řídicí systém | TDC1+ | 1 | 5 880,- |
| 7. | Nemrznoucí kapalina | FS | 1 | 163,- |
| 8. | Nerezové trubky | DN20 | - | 2 292,- |
| 9. | Příslušenství | - | - | 1 530,- |
| 10. | Instalace | - | - | 13 550,- |
| 11. | Jednorázová dotace zelená úsporám | - | - | - 55 000,- |
| - | Celkem | | | 141 257,- |

Výpočet byl spočítán podle cen platných k 1.1.2010 a nepočítá s budoucím zvýšením cen za energii. Pro celou solární soustavu se počítá s daní 20 %. Do součtu byla započítána státní dotace zelená úsporám, která zefektivňuje celkový výsledek. I když byly vybírány komponenty, které jsou v systému zaregistrovány, přesto není jisté, že dotace bude přiznána. Výsledek ekonomického zhodnocení ovlivňují zejména výborné vstupní podmínky (nejpříznivější globální záření v ČR, voda ze studny má velmi nízkou teplotu) a také zvýšená pozornost k ekonomickým investicím při koupi jednotlivých komponent.

7.2 Environmentální zhodnocení

Environmentálním přínosem je v našem případě nahrazení ohřevu vody plynem energií ekologičtější – slunečním zářením. Emise škodlivých látek můžeme vyjádřit emisním faktorem, který se vztahuje na jednotku energie obsaženou v palivu (g/GJ). Emisní faktory znečišťujících látek pro zemní plyn dle [7] jsou shrnuty v tabulce 7.2.1.:

Tab. 7.2.1. Emisní faktory pro zemní plyn

| Znečišťující látky | Emisní faktory [g.GJ ⁻¹] |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| SO ₂ | 2,87 |
| NO _x | 57,49 |
| CO ₂ | 55 780,27 |
| TL | 0,6 |
| CO | 9,58 |
| C _x H _y | 1,92 |

Pro solární systém s 69% pokrytím ze slunečního záření o výkonu 19,182 GJ můžeme počítat s úsporou:

Tab. 7.2.2. Environmentální přínos solárního systému

| Znečišťující látky | Environmentální přínos [g.rok ⁻¹] |
|-------------------------------|---|
| SO ₂ | 55 |
| NO _x | 1102,8 |
| CO ₂ | 1069977,1 |
| TL | 11,5 |
| CO | 183,8 |
| C _x H _y | 38,8 |

8 Závěr:

Aktivní kolektorové sluneční systémy se nemůžou ani v budoucnosti masivně rozšířit, kvůli malé hustotě energie záření dopadajícího na povrch Země. Pro zachycení velkého množství energie bychom museli totiž zakrýt značnou část okolní přírody, čímž by se ekologická výhoda systémů změnila v ekologickou pohromu. Dále si je třeba uvědomit, že v našich klimatických podmínkách není možné ohřívat vodu po celý rok bez dalšího zdroje tepla. Zisky ze slunečního záření kryjí asi 2/3 slunečního záření, což se spolu s dotací zelená úsporám může v některých případech vyplatit. V současné době se podpora solárních systémů státem neustále prohlubuje a tento trend lze očekávat i v budoucnosti. Spolu s neustálým zdražováním neobnovitelných zdrojů energie můžeme uvažovat, že při správném navržení solárního systému může být energie pro ohřev vody ze slunce konkurenceschopná neobnovitelným zdrojům. Nezanedbatelný je i environmentální přínos.

Cílem mé bakalářské práce bylo navržení solárního systému pro ohřev TUV po celý rok pro čtyři osoby. Při výpočtu byly použity hodnoty z dané lokality. K navrženému systému je v zimních měsících nutný dohřev. Ten je realizován v plynovém kotli. V našich klimatických podmínkách jsme schopni pokrýt 69 % energie slunečním zářením. To se vzhledem k lokalitě, která je jedna z nejpříznivějších v ČR jeví ekonomicky výhodně.

Ekonomickým zhodnocením jsme zjistili návratnost celého systému za 13 let. To je velmi příznivý výsledek, který ale do značné míry ovlivňují okolní podmínky – voda která se ohřívá je čerpána z hluboké studny, a proto je velmi studená, čímž vzniká velký teplotní rozdíl a v důsledku toho možnost přehřívání i v chladnějších měsících. Na tento výsledek má také vliv zřetel k výběru ekonomicky výhodných součástí, které jsou všechny zapsány v programu zelená úsporám a přihlédnuto k přiznání dotace, která nemusí být vždy v plné míře. Nezanedbatelný je i environmentální přínos v úspoře emisí a tím přispění k čistějšímu ovzduší.

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Ing. Mojmiru Vrtkovi Ph.D. za mé vedení při zpracování bakalářské práce, rovněž také za poskytnuté informace a čas, který mi věnoval.

Literatura

[1] <http://www.chmi.cz>

[2] <http://www.envi.cz>

[3] <http://www.solarnienergie.cz>

[4] <http://www.solarnet.cz>

[5] <http://www.solarpower.cz>

[6] <http://www.tzb-info.cz>

[7] http://www.srci.cz/katalog/katalog_dl.html

[8] BENDA, V., Brož, K.: *Slunce ve školách a jak dál?* První vydání,
Chomutov, ISŠE, 2005. s. 95.

[9] CIHELKA, J.: *Solární tepelná technika*. První vydání, Praha, Nakladatelství
T. Malina, 1994. s. 208. ISBN 80-900759-5-9.

[10] LADENER, H., SPÄTE, F.: *Solární zařízení*. První vydání, Praha, Nakladatelství
Grada Publishing, 2003. 268 s. ISBN 80-247-0362-9.

[11] BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J.: *Alternativní energie pro váš dům*. Druhé

aktualizované vydání, Brno, Nakladatelství ERA group, 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6

[12] MITTERMAIR, F., SAUER, W., WEIBE, G.: *Zařízení se slunečními kolektory*. První vydání, Ostrava, Nakladatelství HEL, 1999. 88 s. ISBN 80-86167-02-X

[13] FILLEUX, CH., GÜTERMANN, A.: *Solární teplovzdušné vytápění*. První české vydání, Ostrava, Nakladatelství HEL, 2006. 176 s. ISBN 80-86167-28-3

[14] TURNER, W., C. Energy Management Handbook. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X.

[15] HALAHYJA, M., VALÁŠEK, J. a kol..Solární energia a jej využitie. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.

[16] DVD *Alternativní energie*, Sborník článků, ARGÍ, s.r.o., 2008. ISSN 1212-1673

Seznam příloh

Příloha č. 1.: Technická specifikace kolektoru Viessmann Vitosol 200-F Typ 5DI

Seznam výkresů

ZAP 163 – 2010 – 01 Schéma zapojení solárního systému